نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و دوم، شماره سوم، ۱۳۹٤
http://jwsc.gau.ac.ir

تحلیل روند تغییرات آبدهی رودخانه‌های شمال حوضه دز با استفاده از روش من- کندال اصلاح‌شده

*حسن ترابی‌پوده[۱] و صمد امامقلی‌زاده[۲]
[۱]استادیار گروه آب، دانشگاه لرستان، [۲]دانشیار گروه آب و خاک، دانشگاه شاهرود
تاریخ دریافت: ۹۲/۵/۳۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۵/۵

چکیده

سابقه و هدف: مدیریت منابع آب و بهره‌برداری صحیح رودخانه‌ها مستلزم بررسی تغییرات و برآورد صحیح دبی رودخانه‌ها می‌باشد. جهت دست‌یابی به این هدف، برآورد صحیح دبی رودخانه‌ها بسیار مهم می‌باشد. یکی از چالش‌هایی که بشر با آن روبرو است، مسأله تغییر اقلیم و مشکلات ناشی از آن مانند تغییر دبی رودخانه‌ها می‌باشد. اگرچه علل تغییر یا عدم تغییر وضعیت آب و هوا هنوز کاملاً شناخته نشده است، ولی بحث در مورد تغییر آب و هوا مورد توجه بسیاری از پژوهشگران بوده و خواهد بود. جریان رودخانه به‌عنوان یکی از پارامترهای مهم در هیدرولوژی و منابع آب در ارتباط متقابل با عناصر اقلیمی است. بنابراین، تغییرات عوامل اقلیمی می‌تواند بر آبدهی رودخانه مؤثر باشد. از این‌رو، بررسی تغییرات دبی رودخانه در طول زمان می‌تواند اثرات تغییر یا عدم تغییر در شرایط اقلیمی یک منطقه را مشخص نماید. هدف از این پژوهش بررسی و تحلیل روند تغییرات آبدهی رودخانه‌های شمالی حوضه دز با استفاده از روش من- کندال اصلاح شده است.

مواد و روش‌ها: منطقه مورد مطالعه در شمال حوضه رودخانه دز در طول جغرافیایی ٤٨ درجه، ۲۳ دقیقه و ۳۳ ثانیه تا ٤۹ درجه، ٥٤ دقیقه و ۲۷ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه، ٥٤ دقیقه و ٤٤ ثانیه تا ۳٤ درجه، ۸ دقیقه و ۷ ثانیه واقع شده است. با توجه به اهمیت رودخانه دز در منطقه مورد مطالعه، در این پژوهش روند تغییرات دبی جریان در ایستگاه‌های هیدرومتری شمال حوضه رودخانه دز در سه مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه با استفاده از روش من- کندال پیش‌سفید شده مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های مورد استفاده شامل داده‌های دبی رودخانه‌های ١٤ ایستگاه هیدرومتری در دوره ٤۰ ساله آماری (۲۰۰۹-۱۹٦۹) در محدوده مورد مطالعه می‌باشند. در این پژوهش ابتدا شیب خطی روند داده‌ها با استفاده از روش تیل- سن تخمین زده شد و سپس با استفاده از روش پیش‌سفید شده بدون روند اثر ضریب خود همبستگی از داده‌ها حذف گردید و در نهایت روند تغییرات جریان با استفاده از آزمون من- کندال مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج بیانگر آن است در مقیاس سالانه، روند تغییرات آبدهی در بیش از ۷۰ درصد از ایستگاه‌ها نزولی بوده و در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. در مقیاس فصلی بیش‌ترین و کم‌ترین تغییرات منفی روند مربوط به فصل بهار و زمستان بوده است و در سطح ۱۰ درصد روند منفی آبدهی ۱۰ ایستگاه معنی‌دار بوده است. در مقیاس ماهیانه بیش‌ترین تغییرات منفی روند مربوط به فروردین‌ماه بوده است، به‌طوری‌که در این فصل روند منفی تعداد ۸ ایستگاه

* مسئول مکاتبه: torabi1976@yahoo.com

در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار می‌باشد. کم‌ترین تغییرات منفی روند مربوط به مهرماه و بهمن‌ماه می‌باشد، به‌طوری‌که در این ماه فقط تعداد ۳ ایستگاه دارای روند منفی در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار می‌باشند.

نتیجه‌گیری: نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که آبدهی بیش‌تر ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه در مقیاس سالانه و ماهانه دارای روند نزولی می‌باشد. به احتمال خیلی‌زیاد، دلیل اصلی کاهش آبدهی رودخانه‌ها مربوط به کاهش دبی چشمه‌ها و همچنین برداشت بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی در سال‌های اخیر است. بنابراین نیاز به مدیریت صحیح منابع آب و به‌خصوص جلوگیری از برداشت بی‌رویه مخارن آب زیرزمینی در منطقه مطالعه ضروری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: روند، آزمون من- کندال پیش‌سفید بدون روند، خود همبستگی، رودخانه دز

مقدمه

یکی از چالش‌هایی که بشر با آن روبرو است، مسأله تغییر اقلیم و مشکلات ناشی از آن می‌باشد. اگرچه علل تغییر یا عدم تغییر وضعیت آب و هوا هنوز کاملاً شناخته نشده، بحث در مورد تغییر آب و هوا مورد توجه بسیاری از پژوهشگران بوده و خواهد بود. افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای به‌خصوص دی‌اکسیدکربن سبب تغییر رژیم بارش و دما در دهه‌های اخیر شده است. جریان رودخانه به‌عنوان یکی از پارامترهای مهم در هیدرولوژی و منابع آب در ارتباط متقابل با عناصر اقلیمی است. بنابراین، تغییرات عوامل اقلیمی می‌تواند بر آبدهی رودخانه مؤثر باشد. از این‌رو، بررسی تغییرات دبی رودخانه در طول زمان می‌تواند اثرات تغییر یا عدم تغییر در شرایط اقلیمی یک منطقه را مشخص نماید (15 ,16). به‌دلیل اهمیت موضوع در دهه‌های اخیر مطالعات زیادی در رابطه با روند تغییرات متغیرهای مختلف هواشناسی و هیدرولوژیکی انجام شده است (14 ,12). یکی از روش‌های متداول به‌منظور تحلیل سری‌های زمانی داده‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی، بررسی وجود یا عدم وجود روند در آن‌ها ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی و تغییر اقلیمی اثر فعالیت‌های انسانی می‌باشد. آزمون‌های تعیین روند به دو نوع تقسیم‌بندی می‌شوند که عبارتند از آزمون پارامتریک و غیرپارامتریک. مزیت آزمون غیرپارامتریک نسبت به آزمون پارامتریک مانند آزمون t این است که آزمون غیرپارامتریک برای سری‌های زمانی که دارای توزیع آماری نرمال نمی‌باشند و همچنین برای داده‌هایی که تعدادی از آن‌ها مفقود یا حذف شده‌اند مناسب است (11). آزمون من- کندال، یک آزمون غیرپارامتریک می‌باشد که روش آماری مناسبی برای اثبات وجود روند در سری‌های هیدرولوژیکی است. در سال‌های اخیر بسیاری از پژوهشگران از این آزمون به‌عنوان بهترین گزینه جهت بررسی وجود روند دبی روزانه رودخانه‌های مربوط به ٤٨ حوضه آبریز کشور سویس (2)، روند تغییرات دبی رودخانه یوکون واقع در آلاسکا و کانادا (3)، روند تغییرات فصلی و سالانه جریان کم برخی از رودخانه‌های کانادا (12)، رواناب و بارش حوضه کوهستانی نپال (8) و همچنین تغییرات دبی رودخانه ماهاندای کشور هند (18) استفاده نموده‌اند.

فرض اصلی مطالعات تحلیل روند با استفاده از آزمون من- کندال مستقل بودن و عدم وجود خود همبستگی معنی‌دار در داده‌های نمونه می‌باشد. با این وجود ممکن است برخی سری‌های هیدرولوژیکی مانند دبی جریان دارای ضریب خود همبستگی

معنی‌دار باشند. بنابراین جهت حذف اثر خود همبستگی روی آزمون من- کندال ضروری است قبل از انجام آزمون، اجزا خود همبستگی مانند فرآیند خود همبستگی مرتبه اول ((AR(1)) از سری داده‌ها حذف گردد. این فرآیند در اصطلاح پیش‌سفید کردن نامیده می‌شود. به‌منظور حذف اثر خودهمبستگی بر روی آزمون من- کندال، کولکارنی و وان‌استورچ (1995) و وان‌استورچ (1995)، روش من- کندال- پیش‌سفید کردن[1] را قبل از انجام آزمون من- کندال ارائه دادند (13, 19). این روش، توسط پژوهشگرانی هم‌چون داگلاس و همکاران (2000) و بون و هاگ النور (2002) جهت تشخیص روند مورد استفاده قرار گرفت (4, 6). در مواردی که روند در یک سری زمانی وجود نداشت، وان‌استورچ (1995) نشان داد که پیش‌سفید کردن اثر ضریب خود همبستگی را بر آزمون من- کندال به‌طور مؤثری کاهش می‌دهد (18). داگلاس و همکاران (2000) نشان دادند که روش پیش‌سفید کردن وان‌استورچ می‌تواند باعث کاهش میزان روند واقعی در داده‌ها گردد (6). یو و همکاران (2002) نشان دادند در صورت وجود روند و فرآیند AR(1) در یک سری زمانی، روش پیش‌سفید کردن وان‌استورچ (1995) بخشی از روند را حذف خواهد کرد (19, 21). به‌منظور کاهش مؤثر در اثر ضریب همبستگی بر روی آزمون من- کندال، روش اصلاح شده پیش‌سفید کردن بدون روند[2] توسط یو و همکاران (2002) ارائه گردید. حامد و رائو (1998) روش من- کندال- اصلاح واریانس[3] را جهت حذف اثر ضریب خودهمبستگی قبل از انجام آزمون من- کندال با انجام اصلاح در واریانس داده‌ها ارائه نمودند (9). مساعدی و کوهستانی (2009) آبدهی برخی از رودخانه‌های استان گلستان مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد تغییرات در بارندگی و به‌خصوص کاربری اراضی موجب تغییرات آبدهی رودخانه‌ها شده است (16). میرعباسی و دین‌پژوه (2010) از روش من- کندال- اصلاح واریانس (MK-VCA) جهت تحلیل روند تغییرات آبدهی رودخانه‌های شمال‌غرب ایران استفاده کردند (17). معروفی و طبری (2011) روند تغییرات دبی رودخانه مارون را با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که دبی سالانه در همه ایستگاه‌ها، دارای روند نزولی در دو دهه اخیر بوده است (15). در این پژوهش هدف بررسی وجود یا عدم وجود روند آبدهی رودخانه‌های شمال حوضه رودخانه دز در منطقه مورد نظر، با استفاده از آزمون‌های آماری ذکر شده می‌باشد، چرا که تاکنون در منطقه مورد مطالعه تحلیل روند تغییرات جریان انجام نشده است.

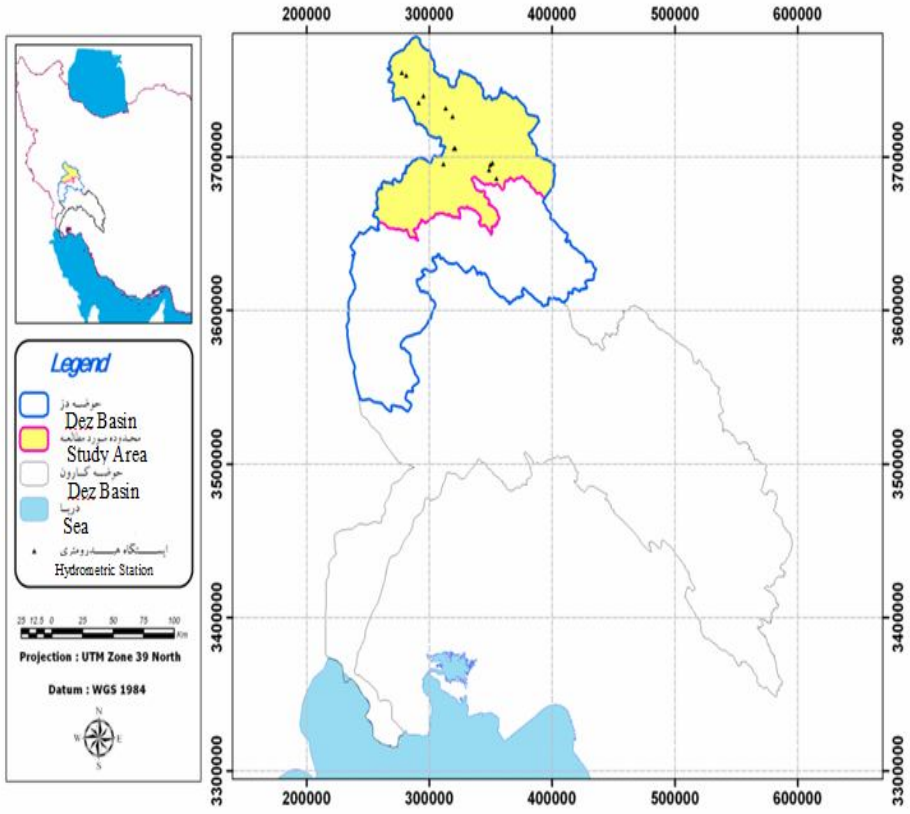
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در شمال حوضه رودخانه دز واقع شده است. محدوده مورد مطالعه به همراه محل ایستگاه‌های هیدرومتری در شکل ۱ نشان داده شده و به‌طور تقریبی در طول جغرافیایی ٤٨ درجه، ٢٣ دقیقه و ٣٣ ثانیه تا ٤٩ درجه، ٥٤ دقیقه و ٢٧ ثانیه و عرض جغرافیایی ٣٢ درجه، ٥٤ دقیقه و ٤٤ ثانیه تا ٣٤ درجه، ٨ دقیقه و ٧ ثانیه واقع شده است.

داده‌های دبی جریان ماهانه از ١٤ ایستگاه هیدرومتری در محدوده مورد نظر با طول آماری ١٩٦٩ تا ٢٠٠٩ به‌مدت ٤٠ سال جمع‌آوری گردید. دلیل انتخاب این ایستگاه‌ها کامل بودن داده‌ها و پراکنش مکانی قابل‌قبول در سراسر منطقه مورد مطالعه می‌باشد. محل این ایستگاه‌ها بر روی شکل ۱ نشان داده شده است.

1- Pre-Whitening Mann–Kendall (PW-MK)
2- Trend-Free Pre-Whitening (TFPW)
3- Mann-Kendall-Variance Correction (MK-VCA)

در این مطالعه روند تغییرات سری زمانی جریان ماهانه، فصلی و سالانه برای هر یک از ایستگاه‌های نام‌برده با آزمون غیرپارامتری من- کندال مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طوری‌که اشاره شد، شرط لازم برای استفاده از این آزمون مستقل بودن داده‌ها و عدم وجود ضریب خودهمبستگی معنی‌دار در سری زمانی داده‌ها است. بنابراین در این مطالعه با استفاده از روش پیش‌سفید بدون روند[1] که در ادامه توضیح داده خواهد شد، ابتدا اثر تمام ضرایب خود همبستگی معنی‌دار از سری زمانی حذف و سپس بر روی سری نام‌برده آزمون من- کندال انجام گرفت. این روش به اختصار روش من- کندال- پیش‌سفید شده بدون روند نامیده می‌شود. قبل از ارائه روش پیش‌سفید بدون روند در خصوص توانایی پیش‌سفید کردن در حذف اثر ضریب خودهمبستگی از آزمون من- کندال مطالبی ارائه می‌گردد.



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه و محل ایستگاه‌های هیدرومتری در حوضه رودخانه دز.

Figure 1. Location of the study area and hydrometric stations in the Dez river basin.

1- Trend-Free Pre-Whitening (TFPW)

آزمون من- کندال یکی از آزمون‌های غیرپارامتریک برای تحلیل روند داده‌ها است که به‌طور گسترده در تشخیص روند در سری‌های هیدرولوژیکی استفاده می‌شود. فرض صفر H_o مستقل بودن و یکنواختی توزیع داده‌های نمونه $\{ X_i = i = 1,2,...,n \}$ و فرض مقابل H_1 وجود یک روند یکنواخت در داده‌ها می‌باشد. جهت انجام این آزمون ابتدا باید آماره S را با رابطه ۱ محاسبه نمود:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} \mathrm{sgn}(X_j - X_i) \qquad (۱)$$

که در آن، X_j مقدار داده j ام، n تعداد داده‌ها و sgn(θ) تابع علامت بوده و با رابطه ۲ قابل محاسبه است.

$$\mathrm{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & if \quad \theta > 0 \\ 0 & if \quad \theta = 0 \\ -1 & if \quad \theta < 0 \end{cases} \qquad (۲)$$

وان‌استورچ (1995) با استفاده از رابطه $Y_t = X_t - r_1 X_{t-1}$ سری زمانی را پیش‌سفید و ضریب خودهمبستگی را از سری زمانی حذف کرد (19). در رابطه ذکر شده Y_t سری زمانی پیش‌سفید شده، X_t سری زمانی قبل از پیش‌سفید شدن، r_1 ضریب همبستگی می‌باشند.

این روش توسط حامد و رائو (1998) ارائه گردید (9). تفاوت این روش با روش‌های دیگر در نحوه پیش‌سفید کردن است. در این روش اثرات همه ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار با تأخیرهای مختلف در این آزمون از سری زمانی حذف می‌گردد. برای این کار ابتدا واریانس اصلاح می‌گردد. این روش برای داده‌های هواشناسی (بر خلاف داده‌های هیدرومتری مانند آبدهی رودخانه‌ها) به‌دلیل عدم وجود خودهمبستگی که نیازی به پیش‌سفید کردن نمی‌باشند، مناسب می‌باشد.

روش TFPW-MK جهت شناسایی روند در یک سری زمانی دارای خود همبستگی توسط یو و همکاران (2002) به‌صورت زیر ارائه گردید (21):

۱- شیب روند در داده‌های نمونه با استفاده از روش TSA به‌صورت زیر برآورد می‌شود:

$$b = Median(\frac{X_j - X_1}{j-1}) \qquad \forall 1 < j \qquad (۳)$$

۲- اگر شیب تقریباً برابر صفر بود آنگاه دیگر نیازی به ادامه انجام بررسی روند نیست، اما اگر مقدار آن برابر با صفر نبود، آنگاه روند به‌صورت خطی فرض شده و داده‌های نمونه به‌صورت $X_t' = X_t - T_t = X_t - b_t$ نوشته و بدون روند می‌شوند.

۳- ضریب خود همبستگی مرتبه اول سری بدون روند X_t' با استفاده از روابط زیر برآورد می‌گردد.

$$rk = \frac{\frac{1}{n-k}\sum_{t=1}^{n-k}\left[X_t' - E(X_t')(X_t + k - E(X_t')\right]}{\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}[X_t' - E(X_t')]^2} \qquad (٤)$$
$$E(X_t') = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} X_t'$$

که در آن، r_1 ضریب خودهمبستگی مرتبه ۱ داده‌های نمونه سری بدون X_t' و $E(X_t')$ میانگین داده‌های نمونه می‌باشد.

٤- پس از محاسبه ضریب خودهمبستگی با مرتبه اول، خودهمبستگی مرتبه اول AR(1) با استفاده از رابطه $Y_t' = X_t' - r_1 X_{t-1}'$ حذف می‌گردد. این روش پیش‌سفید کردن پس از حذف روند از سری‌ها روش پیش‌سفید بدون روند نامیده می‌شود (TFPW). سری باقی‌مانده‌ها پس از انجام روش پیش‌سفید بدون روند (TFPW) یک سری مستقل می‌باشد.

۵- روند شناخته شده T_t و سری باقی‌مانده‌ها Y_t' به‌صورت $Y_t = Y_t' + T_t$ با هم ترکیب می‌گردد. بدیهی است که سری حاصل Y_t روند واقعی را حفظ کرده و اثر ضریب خود همبستگی نیز حذف شده است.

٦- آزمون من- کندال بر روی سری ترکیبی Y_t جهت برآورد روند واقعی انجام می‌گردد.

یو و همکاران (2002) با استفاده از روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو نشان دادند که هر گاه با استفاده از روش پیش‌سفید کردن وان استورچ فرآیند AR را از یک سری زمانی دارای فرآیندهای روند و AR(1) حذف نماییم آن‌گاه بخشی از روند از سری زمانی حذف خواهد شد (21). با فرض وجود یک روند خطی ($Y_t=\beta.t$) و یک فرآیند AR(1) ($A_t=\rho_1.A_t-1+\varepsilon_t$) که در آن ρ_1 ضریب خودهمبستگی با تأخیر واحد و ε_t یک اغتشاش می‌باشد) در یک سری زمانی $X_t=T_t+A_t$ می‌باشد. سری‌ها با استفاده از روش وان‌استورچ با رابطه $X'_t=X_t-\rho_1 X_{t-1}$ پیش‌سفید می‌گردد. با بازنویسی این رابطه خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} X'_t &= \beta t + A_t - \rho_1[\beta(t-1)+A_{t-1}] \\ &= (1-\rho_1)\beta t + A_t - \rho_1 A_{t-1} + \rho_1\beta \\ &= (1-\rho_1)\beta_t + \rho_1\beta \end{aligned} \qquad (۵)$$

همان‌طوری‌که دیده می‌شود فرآیند AR(1) دیگر به آن صورت در سری‌ها پیش‌سفید شده وجود ندارد و پیش‌سفید کردن فرآیند AR(1) را از سری‌ها حذف کرده است. به هر حال شیب سری‌های پیش‌سفید شده برابر است با $\beta'=(1-\rho_1)\beta$ که دقیقاً با شیب واقعی برابر نیست. اگر برابر $\rho_1>0$ باشد، آن‌گاه $|\beta'|<|\beta|$. به‌عبارتی حذف AR(1) مثبت با استفاده از پیش‌سفید کردن بخشی از روند را حذف خواهد کرد. اگر $\rho_1<0$ باشد، آن‌گاه $|\beta'|>|\beta|$ بود. به‌عبارتی حذف AR(1) منفی با استفاده از پیش‌سفید کردن باعث افزایش شیب روند واقعی خواهد شد. بنابراین در صورت وجود روند در یک سری زمانی، پیش‌سفید کردن روش مناسبی جهت حذف اثر خودهمبستگی سری جهت آزمون من- کندال نخواهد بود. توجه به رابطه ۱ نشان می‌دهد که اگر روند در یک سری واضح بوده و بتوان روند نام‌برده را با یک روند خطی تقریب زد، حذف روند نمی‌تواند بر فرآیند AR(1) مؤثر باشد. در مطالعات شبیه‌سازی یو و همکاران (2002) نیز این موضوع نشان داده شد (21). آن‌ها نشان دادند که اولاً وجود یک روند باعث ایجاد اشتباه در برآورد ضریب خودهمبستگی می‌گردد در صورتی که وجود فرآیند AR در برآورد شیب روند تأثیری نخواهد داشت. ثانیاً حذف روند به‌عنوان گام اول بر فرآیند واقعی AR در درون یک سری زمانی مؤثر نیست در صورتی‌که حذف تأثیر روند بر تخمین مقدار فرآیند AR مؤثر می‌باشد. بر اساس نتایج نام‌برده، یو و همکاران (2002) روش پیش‌سفید بدون روند (TFPW) را ارائه کردند که رئوس کلی آن در قسمت قبل ارائه شد.

به‌منظور انجام محاسبات جهت بررسی روند تغییرات آبدهی نرم‌افزاری در محیط ویژوال بیسیک نوشته شد. این نرم‌افزار روند تغییرات پارامترهای هواشناسی و هیدرولوژی را توسط آزمون‌های من- کندال (MK)، من‌کندال- پیش‌سفید کردن (PW-MK)، من- کندال پیش‌سفید شده بدون روند (TFPW-MK) و من- کندال- اصلاح واریانس (MK-VCA) مورد بررسی قرار داده و نتایج نهایی را ارائه می‌نماید. در این نرم‌افزار کاربر همه داده‌های ورودی را در نرم‌افزار Excel وارد می‌نماید و پس از ورود اطلاعات نرم‌افزار اجرا می‌گردد. داده‌های خروجی نرم‌افزار در همان فایل ورودی ولی در کاربرگ‌های دیگر ارائه می‌گردد.

نتایج و بحث

روند تغییرات در مقیاس سالیانه: نتایج بررسی روند تغییرات جریان در رودخانه‌های شمال حوضه دز در جدول‌های ۱ و ۲ در مقیاس سالانه نشان داده شده است. جهت بررسی شیب خط روند از روش تیل- سن (TSA) (جدول ۱) و جهت حذف ضرایب

خودهمبستگی از روش پیش‌سفید بدون روند (TFPW) (جدول ۲) استفاده شد. نتایج جدول ۲ روند معنی‌دار ۱٤ ایستگاه در محدوده مورد مطالعه را برای سری زمانی سالانه، فصلی و ماهانه برای مدت ٤۰ سال نشان می‌دهد. در این جدول آماره Z بزرگ‌تر از ۱/٦٥، ۱/۹٦ و ۲/٦۱ به‌ترتیب نشان‌دهنده روند معنی‌دار در سطوح ۱۰، ۵ و ۱ درصد می‌باشند. همان‌طورکه دیده در این جداول مشاهده می‌شود در مقیاس سالانه از ۱٤ ایستگاه هیدرومتری موجود، ۱۱ ایستگاه دارای روند منفی معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد. از این ۱۱ ایستگاه ۷ ایستگاه دارای روند منفی معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ٤ ایستگاه دارای روند منفی معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد که بیانگر وجود روند منفی و یا به‌عبارتی کاهش آبدهی در ایستگاه‌های نام‌برده است. شدیدترین روند منفی مربوط به ایستگاه چم زمان بر روی رودخانه ازنا با آماره Z= -۳/۱۲ می‌باشد که در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. در این بین ۳ ایستگاه مروگ بر روی رودخانه تیره، ایستگاه بیاتون بر روی رودخانه بیاتون و ایستگاه چم چیت بر روی رودخانه سبزه بدون روند و یا فاقد روند تشخیص داده شد. در شکل ۲ نمودار جعبه و خط شیب خط روند میانگین رواناب سالیانه نشان داده شده است. همان‌طورکه در این شکل دیده می‌شود، فاصله خط زیرین و فوقانی جعبه (۲۵ و ۷۵ درصد) زیاد نیست و این نشان می‌دهد که شیب خط روند سالیانه بسیاری از ایستگاه‌ها (۵۰ درصد) نزدیک به میانه شیب‌ها است و همچنین بیش‌تر از ۷۵ درصد از ایستگاه‌ها دارای خط روند منفی سالیانه می‌باشد.

روند تغییرات فصلی: نتایج بررسی روند تغییرات جریان در رودخانه‌های شمال حوضه دز به دو روش تیل- سن (TSA) و پیش‌سفید بدون روند (TFPW) در جدول‌های ۱ و ۲ در مقیاس فصلی نشان داده شده است. در مقیاس فصلی بیش‌ترین تغییرات منفی روند مربوط به فصل بهار بوده به‌طوری‌که در این فصل تعداد ۱۰ ایستگاه دارای روند منفی در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار می‌باشد و کم‌ترین تغییرات منفی روند مربوط به فصل زمستان است. به‌طوری‌که در این فصل تعداد ۵ ایستگاه دارای روند منفی در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار می‌باشد. ایستگاه کمندان که بر روی رودخانه کمندان واقع شده است در فصل بهار در بین ایستگاه‌ها دارای بیش‌ترین مقدار روند منفی با آماره Z= -۳/۱۹ می‌باشد و این در حالی است که این ایستگاه در فصل زمستان دارای آماره z مثبت به مقدار ۰/۸ می‌باشد که نشان می‌دهد نه تنها روند منفی نداشته بلکه دارای روند مثبت نیز می‌باشد اگرچه روند مثبت آن معنی‌دار نمی‌باشد. در هر یک از فصول تابستان و پاییز نیز، ۷ ایستگاه دارای روند منفی معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند. همچنین در فصول نام‌برده ٦ ایستگاه، بدون روند و یک ایستگاه دارای روند مثبت معنی‌دار می‌باشد. روند مثبت معنی‌دار در فصل تابستان مربوط به ایستگاه سکانه بر روی رودخانه قلیان می‌باشد، دلیل این افزایش معنی‌دار که در فصل تابستان اتفاق افتاده می‌تواند افزایش بارش در منطقه مورد نظر و عدم تغییرات در مصرف آب این رودخانه در درازمدت باشد. در هر صورت این موضوع به بررسی دقیق‌تر نیاز داشته که باید در پژوهشی جداگانه علل مورد بررسی قرار گیرد. همچنین روند مثبت معنی‌دار در فصل پاییز مربوط به ایستگاه چم‌چیت بر روی رودخانه سبزه می‌باشد. شکل ۳ نمودار جعبه و خط را برای شیب خط روند رواناب فصلی در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. خطوط انتهای جعبه (پایین و بالای مستطیل) به‌ترتیب نشان‌دهنده مقادیر شیب مانند صدک ۲۵ و ۷۵ و خط موجود در درون جعبه نشان‌دهنده مقدار مانند میانه شیب‌ها می‌باشد. خط‌های حداقل و حداکثر نشان‌دهنده مقادیر شیب مانند صدک ۵ و ۹۵ است. همان‌طوری‌که دیده می‌شود خط میانه شیب‌ها در هر

چهار فصل منفی است. بیش‌ترین شیب منفی خط روند مربوط به فصل بهار و پس از آن به‌ترتیب مربوط به پاییز و تابستان بوده و کم‌ترین شیب منفی خط روند مربوط به زمستان می‌باشد. در فصل تابستان و زمستان فاصله خط زیرین و فوقانی جعبه (۲۵ و ۷۵ درصد) در مقایسه با فصول دیگر زیادتر است و این نشان می‌دهد که تغییرات شیب خط روند در این دو فصل در ایستگاه‌های مورد مطالعه زیاد می‌باشد. همچنین در فصل تابستان فاصله خط زیرین و فوقانی جعبه (۲۵ و ۷۵ درصد) نسبت به فصول دیگر کم‌تر است و این نشان می‌دهد که تغییرات شیب خط روند در این فصل در ایستگاه‌های مورد مطالعه کم بوده و بنابراین شیب خط روند بسیاری از ایستگاه‌ها (۵۰ درصد) نزدیک به میانه شیب‌ها است. بنابراین با توجه شیب خطوط روند در تمام فصول می‌توان نتیجه گرفت که دبی رودخانه‌های شمال حوضه دز در طول ٤ دهه گذشته دارای روند کاهشی بوده و بیش‌ترین کاهش مربوط به فصل بهار و کم‌ترین آن مربوط به فصل زمستان است.

جدول ۱- مقادیر آماره شیب خط روند به روش تیل- سن (TSA) برای سری داده‌های رواناب فصلی و سالانه شمال حوضه رودخانه دز.

Table 1. The values of the trend slope based on Theil-Sen approach (TSA) for the annual and seasonal streamflow data series of the North area of Dez River.

سالانه Annual	تابستان Summer	بهار Spring	زمستان Winter	پاییز Autumn	ایستگاه Station	رودخانه River
-0.13	0.31	-1.06	-1.09	-0.23	مروک Marvak	تیره Tire
-0.04	-0.17	-0.92	0.08	-0.08	ونایی Vanaei	سراب سفید Sarabe Sefid
-0.02	0.11	-1.84	0.25	0.17	ونایی Vanaei	گلرود Golrood
-0.09	-0.19	-1.98	-0.32	-0.18	رحیم آباد Rahimabad	سیلاخور Silakhor
-0.07	-0.10	-1.72	-0.27	-0.15	بیاتون Biaton	بیاتون Biaton
-0.01	-0.07	-2.40	0.01	-0.01	دورود Dorood	تیره Tire
-0.01	-0.06	-1.77	0.02	-0.01	چم زمان Chamnezam	ازنا Azana
-0.06	-0.09	-3.19	-0.34	-0.01	کمندان Kamandaz	کمندان Kamandan
-0.19	-0.05	-2.85	-0.89	-0.43	دره تخت Daretakht	دره تخت Daretakht
0.00	0.00	-2.10	0.01	0.00	دره تخت Daretakht	ماربره Marbere
-0.03	-0.02	-1.89	-0.16	-0.06	دورود Marbere	ماربره Marbere
-0.02	-0.08	-0.07	-0.02	-0.02	چم چیت Chamchit	سبزه Sabze
-0.01	-0.01	-3.17	0.00	0.00	مروک Marvak	ابسرده Absarde
-0.01	-0.01	-1.50	-0.04	-0.08	ونایی Vanaei	قلیان Ghalyan

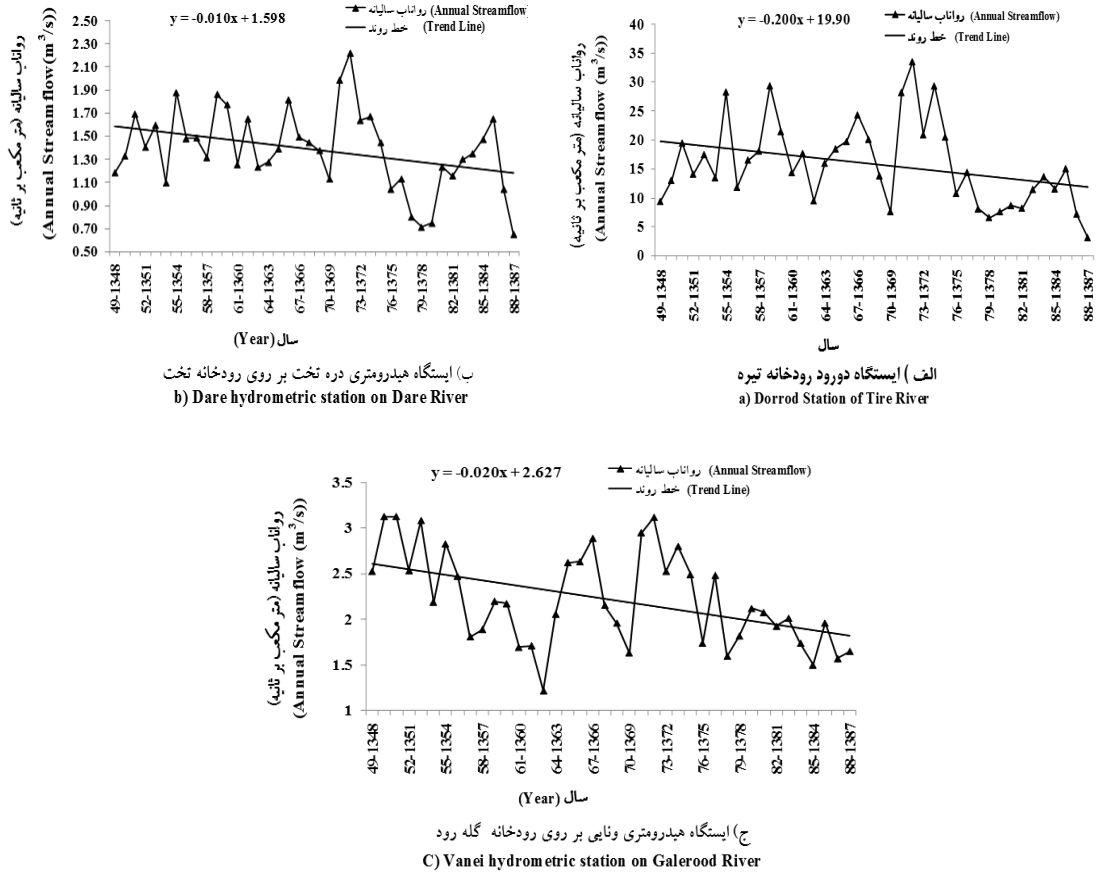
جدول ۲- مقادیر آماره Z به روش پیش‌سفید بدون روند (TFPW) برای سری داده‌های رواناب فصلی و سالانه شمال حوضه رودخانه دز.

Table 2. The values of Z statistics based on trend-free pre-whitening (TFPW) approach for the annual and seasonal discharge data series of the North area of Dez River.

رودخانه	ایستگاه	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	سالانه
River	Station	Autumn	Winter	Spring	Summer	Annual
تیره	مروک	-1.8*	-0.7	-1.1	-1.0	-0.8
Tire	Marvak					
سراب سفید	ونایی	0.7	0.1	-0.9	-1.2	-2.0*
Sarabe Sefid	Vanaei					
گلرود	ونایی	-0.6	-0.8	-1.8*	-3.2**	-3.0**
Golrood	Vanaei					
سیلاخور	رحیم آباد	-0.9	-2.0*	-2.0*	-1.5	-2.3*
Silakhor	Rahimabad					
بیاتون	بیاتون	0.7	0.3	-1.7*	0.7	0.1
Biaton	Biaton					
تیره	دورود	-2.2*	-2.8*	-2.4*	-1.2	-2.8*
Tire	Dorood					
ازنا	چم زمان	-3.4**	-3.4**	-1.8*	-4.8**	-3.1**
Azana	Chamnezam					
کمندان	کمندان	-0.7	0.8	-3.2**	-3.2**	-3.1**
Kamandan	Kamandaz					
دره تخت	دره تخت	-0.8	1.0	-2.9*	-3.4**	-2.7*
Daretakht	Daretakht					
ماربره	دره تخت	-1.9*	-2.3*	-2.1*	-2.5*	-2.3*
Marbere	Daretakht					
ماربره	دورود	-1.9*	-2.0*	-1.9*	-3.0**	-2.1*
Marbere	Marbere					
سبزه	چم چیت	2.4	1.7	-0.1	1.2	0.8
Sabze	Chamchit					
ابسرده	مروک	-2.5*	1.1	-3.2**	-5.0**	-3.1**
Absarde	Marvak					
قلیان	ونایی	-2.5*	-5.2**	-1.5	2.4	-3.0**
Ghalyan	Vanaei					

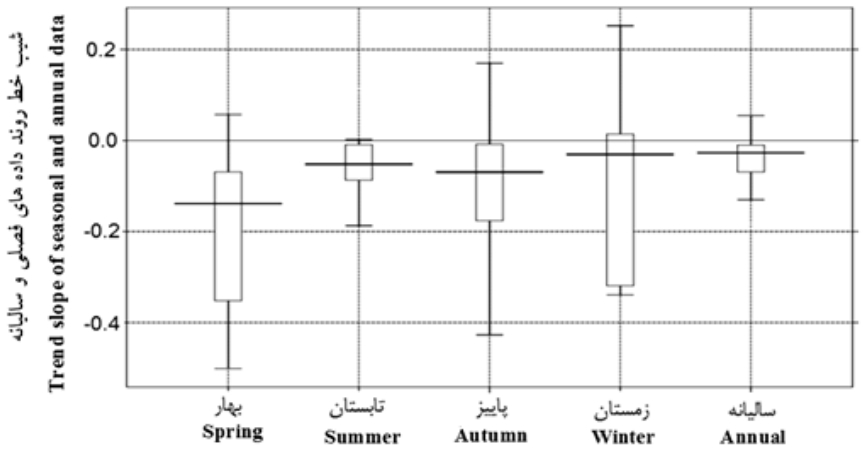
** معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد و * معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد.

** Significant at 99% level, * Significant at 95% level.



شکل ۲- روند تغییرات سالانه تعدادی از ایستگاه‌های مورد مطالعه.

Figure 2. The trend of annual changes in the number of studied stations.



شکل ۳- نمودار جعبه و خط شیب خط روند برای داده‌های میانگین رواناب سالیانه و فصلی در ایستگاه‌های شمال حوضه رودخانه دز.

Figure 3. The box plot of the trend slope for the mean annual and seasonal discharge data in the northern stations of the Dez River Basin.

بررسی روند تغییرات ماهانه: نتایج بررسی روند تغییرات جریان در رودخانه‌های شمال حوضه دز به دو روش تیل- سن (TSA) و پیش‌سفید بدون روند (TFPW) در جدول‌های ۳ و ٤ در مقیاس ماهانه نشان داده شده است. در مقیاس ماهانه بیش‌ترین تغییرات منفی روند مربوط به فروردین‌ماه بوده، به‌طوری‌که در این فصل تعداد ۸ ایستگاه دارای روند منفی در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار می‌باشد و کم‌ترین تغییرات منفی روند مربوط به مهرماه و بهمن‌ماه می‌باشد، به‌طوری‌که در این ماه فقط تعداد ۳ ایستگاه دارای روند منفی در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار می‌باشد. ایستگاه قلیان که بر روی رودخانه سکانه واقع شده است در فروردین‌ماه در بین ایستگاه‌ها دارای بیش‌ترین مقدار روند منفی با آماره $Z= -۳/۷۵$ می‌باشد. شکل ٤ نمودار جعبه و خط را برای شیب خط روند رواناب ماهانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. خطوط انتهای جعبه (پایین و بالای مستطیل) به‌ترتیب نشان‌دهنده مقادیر شیب مانند صدک ۲۵ و ۷۵ و خط موجود در درون جعبه نشان‌دهنده مقدار مانند میانه شیب‌ها می‌باشد. خط‌ها (خطوط افقی کرانه‌ای) نشان‌دهنده مقادیر شیب مانند صدک ۵ و ۹۵ تعداد ایستگاه‌ها است.

همان‌طورکه دیده می‌شود خط میانه شیب‌ها در هر تمام ماه‌های سال منفی است. بیش‌ترین شیب منفی خط روند مربوط به فروردین‌ماه و پس از آن به‌ترتیب مربوط به ماه‌های اردیبهشت و خرداد بوده و کم‌ترین شیب منفی خط روند مربوط به ماه‌های شهریور و مهر و پس از آن بهمن‌ماه می‌باشد. علت وجود کم‌ترین شیب منفی در بهمن‌ماه را می‌توان عدم تغییرات برداشت آب از منابع آب‌های سطحی در درازمدت ذکر نمود، زیرا نیاز آب کشاورزی در زمستان و به‌خصوص بهمن‌ماه به حداقل رسیده و بنابراین کم‌ترین تأثیر تغییرات روند منفی در این ماه اتفاق می‌افتد. در فروردین‌ماه فاصله خط زیرین و فوقانی جعبه (۲۵ و ۷۵ درصد) در مقایسه با ماه‌های دیگر دارای بیش‌ترین مقدار است و این نشان می‌دهد که تغییرات شیب خط روند در این ماه در ایستگاه‌های مورد مطالعه زیاد می‌باشد. همین وضعیت با مقدار کم‌تری در خصوص اسفندماه نیز مشاهده می‌گردد. همچنین در ماه‌های شهریور و مهر فاصله خط زیرین و فوقانی جعبه (۲۵ و ۷۵ درصد) نسبت به فصول دیگر کم‌تر است و این نشان می‌دهد که تغییرات شیب خط روند در این ماه‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه کم بوده و بنابراین شیب خط روند بسیاری از ایستگاه‌ها (۵۰ درصد) نزدیک به میانه شیب‌ها است. بنابراین با توجه شیب خطوط روند در تمام ماه‌ها می‌توان نتیجه گرفت که دبی رودخانه‌های شمال حوضه رودخانه دز در طول ٤ دهه گذشته دارای روند کاهشی بوده و بیش‌ترین کاهش مربوط به ماه فروردین و کم‌ترین آن مربوط به ماه‌های شهریور و مهر می‌باشد.

جدول ۳- مقادیر آماره شیب خط روند به روش تیل- سن (TSA) برای سری داده‌های رواناب ماهانه شمال حوضه رودخانه دز.

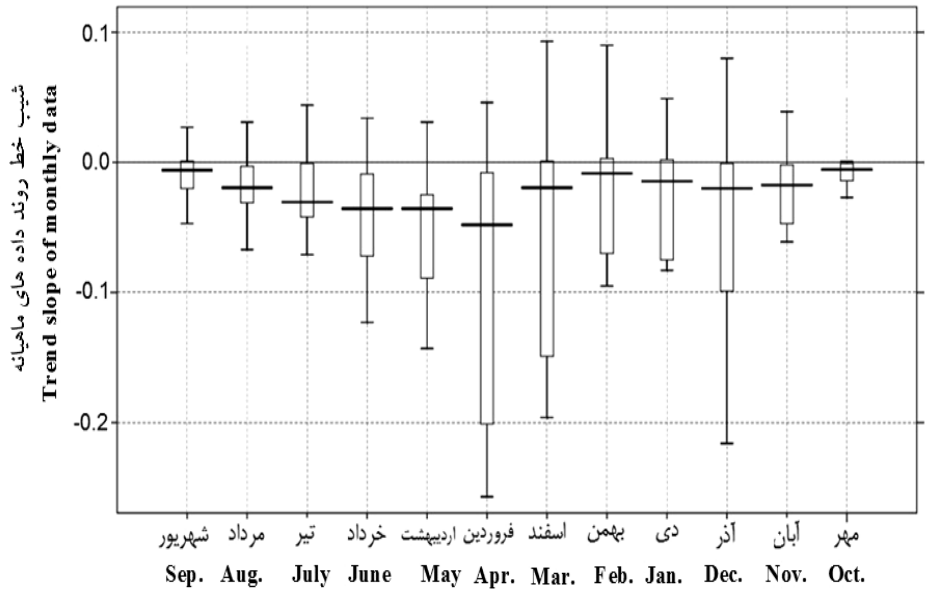
Table 3. The values of the trend slope based on Theil–Sen approach (TSA) for the monthly discharge data series of the North area of Dez River.

رودخانه River	ایستگاه Station	مهر October	آبان November	آذر December	دی January	بهمن February	اسفند March	فروردین April	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September
تیره Tire	مروک Marvak	0.05	-0.06	-0.16	-0.23	-0.26	-0.49	-0.54	0.03	0.15	0.13	0.10	0.08
سراب سفید Sarabe Sefid	ونایی Vanaei	-0.04	-0.03	-0.02	-0.01	0.03	0.03	0.02	-0.14	-0.12	-0.07	-0.06	-0.04
گلرود Golrood	ونایی Vanaei	0.03	0.04	0.08	0.05	0.09	0.09	0.05	-0.03	0.03	0.04	0.03	0.03
سیلاخور Silakhor	رحیم‌آباد Rahimabad	-0.04	-0.05	-0.10	-0.07	-0.07	-0.20	-0.26	-0.12	-0.10	-0.07	-0.07	-0.05
بیاتون Biaton	بیاتون Biaton	-0.01	-0.03	-0.08	-0.08	-0.07	-0.14	-0.20	-0.09	-0.07	-0.05	-0.04	-0.02
تیره Tire	دورود Dorood	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.03	-0.04	-0.03	-0.02	-0.01
ازنا Azana	چم زمان Chamnezam	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.04	-0.05	-0.04	-0.02	-0.01
کمندان Kamandan	کمندان Kamandaz	-0.03	-0.05	-0.11	-0.08	-0.10	-0.15	-0.10	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03
دره تخت Daretakht	دره تخت Daretakht	-0.01	-0.14	-0.22	-0.21	-0.24	-0.51	-0.81	-0.31	-0.10	-0.03	-0.02	0.00
ماربره Marbere	دره تخت Daretakht	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
ماربره Marbere	دورود Marbere	0.00	-0.01	-0.03	-0.02	-0.03	-0.12	-0.08	-0.08	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
سبزه Sabze	چم چیت Chamchit	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.04	-0.06	-0.04	-0.03	-0.02
ابسرده Absarde	مروک Marvak	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
قلیان Ghalyan	ونایی Vanaei	-0.01	-0.03	-0.03	-0.04	-0.01	-0.03	-0.11	-0.03	-0.02	0.00	0.00	0.00

جدول ٤- مقادیر آماره Z به روش پیش‌سفید شده بدون روند (TFPW) برای سری داده‌های رواناب ماهانه شمال حوضه رودخانه دز.

Table 4. The values of Z statistics based on trend-free pre-whitening (TFPW) approach for the monthly discharge data series of the North area of Dez River.

رودخانه River	ایستگاه Station	مهر October	آبان November	آذر December	دی January	بهمن February	اسفند March	فروردین April	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September
تیره Tire	مروک Marvak	-1.4	-2.3*	-1.7*	-1.1	-0.5	-1.0	-1.1	-0.7	-1.2	-0.6	-1.0	-0.9
سراب سفید Sarabe Sefid	ونایی Vanaei	0.3	0.6	0.6	0.2	0.1	-1.0	-0.6	-0.7	-0.7	-0.9	-1.2	-0.4
گلرود Golrood	ونایی Vanaei	-1.4	-0.5	-0.2	0.2	-0.3	-0.7	-0.4	-1.8*	-3.0**	-3.3**	-3.3**	-2.7*
سیلاخور Silakhor	رحیم‌آباد Rahimabad	-0.1	0.2	-1.0	-1.2	-1.2	-2.5*	-1.7	-1.5	-1.1	-1.2	-1.8*	-1.4
بیاتون Biaton	بیاتون Biaton	1.4	-0.4	1.6	0.9	1.2	-0.3	-1.7	-1.3	-0.5	0.2	0.3	0.8
تیره Tire	دورود Dorood	0.1	-1.4	-2.2*	-2.3*	-2.5*	-3.2**	-2.7*	-1.7*	-1.8*	-1.7*	-1.4	-0.2
ازنا Azana	چم زمان Chamnezam	-4.2**	-3.0**	-3.3**	-3.4**	-3.0**	-3.0**	-1.9*	-1.1	-3.9**	-4.7**	-4.8**	-4.9**
کمندان Kamandan	کمندان Kamandaz	-0.1	-0.1	-0.3	0.3	0.2	-0.4	-1.9*	-2.8**	-3.7**	-3.4**	-3.1**	-2.1*
دره تخت Daretakht	دره تخت Daretakht	-0.6	-0.1	-0.4	0.3	0.6	0.9	-1.4	-2.5*	-4.0**	-3.5**	-3.2**	-2.3*
ماربره Marbere	دره تخت Daretakht	-1.3	-1.1	-2.3*	-1.9*	-1.6*	-2.7*	-2.3*	-1.3	-2.6*	-2.8*	-2.6*	-2.1*
ماربره Marbere	دورود Marbere	-2.1*	-1.0	-1.9*	-1.7*	-1.3	-2.3*	-2.1*	-1.1	-2.3*	-2.9*	-3.4**	-3.2**
سبزه Sabze	چم چیت Chamchit	3.4**	2.2*	1.5	1.5*	2.4*	0.9	0.1	-0.5	0.2	0.9	1.3	1.7
ابسرده Absarde	مروک Marvak	-4.4**	-3.1**	-0.9	-0.2	1.6	0.7	0.2	-3.8**	-4.3**	-4.3**	-5.4**	-5.1**
قلیان Ghalyan	ونایی Vanaei	3.1*	-2.1*	-3.5**	-4.3**	-4.5**	-4.9**	-3.8**	-0.1	1.1	2.5**	2.3*	2.8*



شکل ٤- نمودار جعبه و خط برای شیب خط روند میانگین رواناب ماهیانه در ایستگاه‌های شمال حوضه رودخانه.

Figure 4. The box plot of the trend slope for the mean monthly discharge data in the northern stations of the Dez River Basin.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه روند تغییرات جریان در ایستگاه‌های هیدرومتری شمال حوضه رودخانه دز در سه مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه بررسی شد. روش مورد استفاده در این مطالعه، آزمون من- کندال پس از حذف همه ضرایب همبستگی با استفاده از روش پیش‌سفید بدون روند (TFPW) می‌باشد که اختصاراً من- کندال پیش‌سفید بدون روند (TFPW-MK) نامیده می‌شود. جهت بررسی شیب خط روند از روش TSA استفاده شد. داده‌های مورد استفاده شامل داده‌های ١٤ ایستگاه هیدرومتری منتخب در دوره ٤٠ ساله آماری (٢٠٠٩-١٩٦٩) در شمال حوضه دز می‌باشد. نتایج نشان داد که آبدهی در محدوده مورد مطالعه دارای روند نزولی است. در مقیاس سالانه در بیش از ٧٠ درصد از ایستگاه‌ها روند نزولی کاهش میزان جریان در سطح ٥ درصد معنی‌دار است. پژوهشگران دیگری مانند معروفی و طبری (2011) و یانگ و لیو (2011) نیز در پژوهش‌های خود، روند کاهشی در مقادیر دبی را نتیجه گرفتند (14, 22).

در مقیاس فصلی بیش‌ترین تغییرات منفی روند مربوط به فصل بهار بوده است که به احتمال خیلی‌زیاد دلیل آن می‌تواند کاهش دبی چشمه‌ها در این فصل باشد و علت این کاهش در درازمدت برداشت بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی در سال‌های اخیر است، به‌طوری‌که در این فصل تعداد ١٠ ایستگاه دارای روند منفی در سطح ١٠ درصد معنی‌دار می‌باشد و کم‌ترین تغییرات منفی روند مربوط به فصل زمستان به‌طوری‌که در این فصل تعداد ٥ ایستگاه دارای روند منفی در سطح ١٠ درصد معنی‌دار می‌باشد. نتایج بررسی‌های شیب خط روند نشان داد که بیش‌ترین شیب منفی خط روند مربوط به فصل بهار و کم‌ترین شیب منفی خط روند مربوط به زمستان می‌باشد. کاهش مقادیر دبی فصل بهار در تطابق با نتایج مطالعه زو (2000)، معروفی و طبری (2011)، فرناندز و همکاران (2013) و هترچر و جونز (2013) می‌باشد (20, 15, 7, 1).

همچنین کاهش مقادیر دبی فصل زمستان در تطابق با نتایج مطالعه بوهوتیانی و همکاران (2008) و معروفی و طبری (2011) می‌باشد (1, 15).

در مقیاس ماهیانه بیش‌ترین تغییرات منفی روند مربوط به فروردین‌ماه بوده به‌طوری‌که در این فصل تعداد ۸ ایستگاه دارای روند منفی در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار می‌باشد و کم‌ترین تغییرات منفی روند مربوط به مهرماه و بهمن‌ماه می‌باشد، به‌طوری‌که در این ماه فقط تعداد ۳ ایستگاه دارای روند منفی در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار می‌باشد. بررسی‌های شیب خط روند در مقیاس ماهانه نشان داد که بیش‌ترین شیب منفی خط روند مربوط به فروردین‌ماه و پس از آن به‌ترتیب مربوط به ماه‌های اردیبهشت و خرداد بوده و کم‌ترین شیب منفی خط روند مربوط به ماه‌های شهریور و مهر و پس از آن بهمن‌ماه می‌باشد. معروفی و طبری (2011) نیز در پژوهش خود گزارش نمودند دبی ماه‌های فروردین، بهمن و اسفند در ایستگاه مشراگه و دبی فروردین‌ماه ایستگاه‌های بهبهان و گرگر و دبی اردیبهشت‌ماه ایستگاه بهبهان در دو دهه اخیر کاهش یافته است (15). همچنین هترچر و جونز (2013) نشان دادند در ماه‌های بهار دبی رودخانه کاهش یافته است (10). در مجموع مطالعه حاضر نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه کاهش دبی در رودخانه‌ها مشهود است. علل کاهش آبدهی رودخانه‌های منطقه مورد مطالعه می‌تواند دلایل مختلفی مانند تغییر اقلیم، تغییر پوشش گیاهی، تغییر کاربری اراضی و از همه مهم‌تر افزایش سطح زیر کشت در سطح منطقه مورد مطالعه داشته باشد که بررسی روند نزولی آن‌ها مستلزم پژوهش جداگانه‌ای می‌باشد تا به دقت مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

1.Bhutiyani, M.R., Kale, V.S., and Pawar, N.J. 2008. Changing streamflow patterns in the rivers of northwestern Himalaya: implications of global warming in the 20th. Current. Sci. 95:5. 618-626.

2.Birsan, M.V., Molnar, P., Burlando, P., and Pfaundler, M. 2005. Streamflow trends in Switzerland. J. Hydr. 314: 312-329.

3.Brabets, T.P., and Walvoord, M.A. 2009. Trends in streamflow in the Yukon River Basin from 1944 to 2005 and the influence of the Pacific Decadal Oscillation. J. Hydr. 371: 108-119.

4.Burn, D.H., and Hag Elnur, M.A. 2002. Detection of hydrological trends and variability. J. Hydr. 255: 1. 107-122.

5.Chen, Y., Li, W.H., Xu, C.C., and Hao, X.M. 2009. Effects of climate change on water resources in Tarim River Basin, Northwest China. J. Envir. Sci. 19: 488-493.

6.Douglas, E.M., Vogel, R.M., and Kroll, C.N. 2000. Trends in floods and low flows in the United States: impact of spatial correlation. J. Hydr. 240: 90-105.

7.Fernández, J.M., Sánchez, N., and Herrero-Jiménez, C.M. 2013. Recent trends in rivers with near-natural flow regime: The case of the river headwaters in Spain. Progr. Phys. Geog. 37: 5. 685-700.

8.Gautam, M.R., and Acharya, K. 2012. Streamflow trends in Nepal. Hydr. Sci. J. 57: 2. 344-357.

9.Hamed, K.H., and Rao A.R. 1998. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. J. Hydr. 204: 182-196.

10.Hatcher, K.L., and Jones, J.A. 2013. Climate and Streamflow Trends in the Columbia River Basin: Evidence for Ecological and Engineering Resilience to Climate Change, Atmosphere-Ocean, 1-20. DOI:10.1080/07055900.2013.808167.

11.Hirsch, R.M., Slack, J.R., and Smith, R.A. 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. J. W. Res. 18: 1. 107-121.
12.Khaliq, M.N., Ouarda, T.B., and Gachon, P. 2009. Identification of temporal trends in annual and seasonal low flows occurring in Canadian rivers: The effect of short-and long-term persistence. J. Hydr. 369: 183-197.
13.Kulkarni, A., and Von Storch, H. 1995. Monte Carlo experiments on the effect of serial correlation on the Mann-Kendall test of trend. Meteorologische Zeitschrift. 4: 2. 82-85.
14.Lettenmaier, D.P., Wood, E.F., and Wallis, J.R. 1994. Hydro-climatological trends in the continental United States, 1948-88. J. Clim. 7: 586-607.
15.Marofi, S., and Tabari, H. 2011. Detection of discharge trends of Maroon River using parametric and non parametric methods. J. Geog. Res. 101: 2. 17119-17141.
16.Mosaedi, A., and Koohestani, N. 2009. Trend Analysis of Streamflow of the Golestan's River using parametric and non parametric methods. 2th National Conference on Water.11 March 2010, Behbahan Azad University, Iran. Pp: 1038-1045.
17.Mirabbasi Najafabadi, R., and Dinpashoh, Y. 2010. Trend Analysis of Streamflow across the North West of Iran in Recent Three Decades. J. Wat. Soil. 24: 4. 757-768.
18.Panda, D.K., Kumar, A., Ghosh, S., and Mohanty, R.K. 2013. Streamflow trends in the Mahanadi River basin (India): Linkages to tropical climate variability. J. Hydr. 495: 135-149.
19.Von Storch, H. 1995. Misuses of statistical analysis in climate research. In: Analysis of Climate Variability: Appli. Statis. Techn., Springer-Verlag: Berlin, Chapter 2, Pp: 11-26.
20.Xu, C.Y. 2000. Modelling the Effects of Climate Change on Water Resources in Central Sweden, Water Res. Manag. 14: 177-189.
21.Yue, S., Pilon, P., Phinney, B., and Cavadias, G. 2002. The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. J. Hydr. Proc. 16: 9.1807-1829.
22.Yang, Z., and Liu, Q. 2011: Response of Streamflow to Climate Changes in the Yellow River Basin, China. J. Hydrometeor. 12: 1113-1126.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 22(3), 2015
http://jwsc.gau.ac.ir

Trend analysis of streamflow changing of north watershed of Dez River with TFPW-MK procedure

***H. Torabi Poodeh[1] and S. Emamgholizadeh[2]**
[1]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, University of Lorestan,
[2]Associate Prof., Dept. of Water and Soil, University of Shahrood
Received: 08/22/2013; Accepted: 07/27/2014

Abstract

Background and Objectives: Water resource management and proper utilization of rivers required to the correct estimation of streamflow of rivers. To achieve this goal, the correct estimation of streamflow is the most important issue. But one of main problem which human is facing to it is climate changing and its related problems such as changing of streamflow of rivers. Although the causes of changing or no changing of the weather status is still not fully understood, but the debate about climate changing is and will be of interest to many researchers. Streamflow as an important parameter in hydrology and water resources interact with climatic factors. Therefore, changes in climate factors could be effective on river discharge. Hence, study of streamflow changing over time indicates the effects of changing or lack of changing in a study area. The aim of this study was to investigate and analyze the trends of streamflow changing of the North Rivers of the Dez watershed using the modified Mann-Kendall method.

Materials and Methods: The study area located at 48° 23′ 33" to 49° 54′ 27" longitude and 32° 54′ 44" to 34° 08′ 07" latitude. With respect to the importance of Dez River in the Lorestan area, in this study the trend changing of streamflow of hydrometric stations of the North Rivers of the Dez watershed at the three scale namely, monthly, seasonally and annually were investigated using the Trend-Free Pre-Whitening Mann-Kendall (TFPW-MK). The used data includes discharge data of 14 hydrometric stations in the period of 40 years (1969-2009). In this study, the slope of the linear trend of data estimated using the Theil-Sen approach (TSA) and then using trend-free pre-whitening (TFPW) approach the effect of coefficient of self-correlation of data was eliminated. Finally the trend changing of streamflow was examined using Man-Kendall.

Results: The results showed that the decreasing trend rates of more than 70 percent of the stations on annual basis are significant at 5% level. On seasonal basis the maximum and minimum negative changes related to spring and winter seasons and the negative trend discharge of 10 stations were significant at the level of 10%. On monthly basis the most negative trend related to April month, as in this season the negative trends of 8 stations were significant at 10% level. The lowest negative changes are related to the October and February, as in this month, the negative trends of only 3 stations were significant at the 10% level.

Conclusion: The trend of stramflow of North watershed of Dez River investigated with TFPW-MK procedure. The results of this study showed that the monthly and annual streamflow of most hydrometric stations have decreasing trend. Most likely, the main reason for decreasing of the streamflow of rivers is related to reducing of discharge of springs and also uncontrolled exploitation of groundwater resources in recent years. So the proper management of water resources and especially prevent indiscriminate harvesting of groundwater in the region is essential.

Keywords: Autocorrelation, Mann-Kendall, Stream flow, Trend, Dez Rivers

* Corresponding Author; Email: torabi1976@yahoo.com